

REC'D 22 AUG 2000

WIPO PCT

EY00/5703



**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

4

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 199 29 709.6

Anmeldetag: 24. Juni 1999

Anmelder/Inhaber: Dr.-Ing. Lüder Gerking,
Berlin/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von im
Wesentlichen endlosen feinen Fäden

IPC: D 01 D, D 04 H

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 20. Juli 2000
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident
Im Auftrag

Hiebinger

Pfenning, Meinig & Partner GbR

Patentanwälte
European Patent Attorneys

Dipl.-Ing. J. Pfenning (-1994)

~~Dipl.-Phys. K. H. Meinig (-1995)~~

Dr.-Ing. A. Butenschön, München

Dipl.-Ing. J. Bergmann*, Berlin

Dipl.-Phys. H. Nöth, München

Dipl.-Chem. Dr. H. Reitzle, München

Dipl.-Ing. U. Grambow, Dresden

Dipl.-Phys. H. J. Kraus, München

*auch Rechtsanwalt

80336 München, Mozartstraße 17

Telefon: 089/530 93 36-38

Telefax: 089/53 22 29

e-mail: muc@pmp-patent.de

10707 Berlin, Kurfürstendamm 170

Telefon: 030/88 44 810

Telefax: 030/881 36 89

e-mail: bln@pmp-patent.de

01217 Dresden, Gostritzer Str. 61-63

Telefon: 03 51/87 18 160

Telefax: 03 51/87 18 162

Berlin,

24. Juni 1999

Bt/Ha-us-GERKING

Lüder Gerking
Hohe Ähren 1, 14195 Berlin

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von im
Wesentlichen endlosen feinen Fäden

Lüder Gerking

Patentansprüche

- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
1. Verfahren zur Herstellung von im Wesentlichen endlosen feinen Fäden aus schmelzbaren Polymeren, bei dem Polymerschmelze aus mindestens einer Spinnbohrung ausgesponnen wird und der ausgesponnene Faden durch mittels einer Lavalldüse auf hohe Geschwindigkeit beschleunigte Gasströme verzogen wird, wobei bei gegebener Geometrie der Schmelzebohrung und ihrer Lage zur Lavalldüse die Temperatur der Polymerschmelze, ihr Durchsatz pro Spinnbohrung und die die Geschwindigkeit der Gasströme bestimmenden Drücke vor und hinter der Lavalldüse so gesteuert werden, daß der Faden vor seinem Erstarren einen hydrostatischen Druck in seinem Inneren erreicht, der größer ist, als der ihn umgebende Gasdruck, derart, daß der Faden platzt und sich in eine Vielzahl feiner Fäden aufspießt.
 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Gasströmung um den mindestens einen Faden laminar ist.
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Raum hinter der Lavalldüse Umgebungsdruck aufweist oder bei Weiterverarbeitung der Fäden auf einem für die Weiterverarbeitung notwendigen Druck etwas über Umgebungsdruck liegt.
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die den Faden verziehende Gasströme Umgebungstemperatur oder eine

durch ihre Zuführung bedingte Temperatur aufweisen.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis der Drücke in dem Raum über und unter der Lavaldüse bei der Verwendung von Luft abhängig von dem Polymer, dessen Durchsatz und Schmelztemperatur zwischen 1,02 und 2,5 gewählt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der aus der Spinnbohrung austretende Faden im Bereich der Lavaldüse durch Strahlung beheizt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vielzahl von Fäden ausgesponnen und aufgespleißt werden, die zu einem Vlies abgelegt oder zu Garnen weiterverarbeitet werden.
8. Vorrichtung zur Herstellung von im Wesentlichen endlosen feinen Fäden aus schmelzspinnbaren Polymeren mit einem mit einer Zuführvorrichtung für die Schmelze verbundenen Spinnkopf, einer in dem Spinnkopf aufgenommenen und mindestens eine Spinnbohrung aufweisenden Spinndüsenanordnung, die ein Schmelzemonofil ausspinnt, einer unterhalb des Spinnkopfes (11) liegenden Platte (6'), die eine in fester geometrischer Zuordnung zu der Spinnbohrung (4) angeordnete Lavaldüse (6) aufweist, wobei zwischen Platte (6') und Spinnkopf (11) ein mit einer Zuführung von Gas (5) versehener geschlossener erster Raum (8) gebildet ist und unterhalb der Platte (6') ein zweiter Raum (7) vorgesehen ist und wobei der Durchsatz der Schmelze pro Spinnbohrung (4), die Tem-

peratur der Schmelze sowie der Druck im ersten und zweiten Raum so eingestellt ist, daß das ausgespinnene und von der Strömung des Gases geförderte Schmelzemonofil nach Verlassen der Lavalldüse (6) vor seinem Erstarren einen hydrostatischen Druck erreicht der größer ist als der ihn umgebende Gasdruck, derart, daß der Faden platzt und sich in eine Vielzahl feiner Fäden aufspießt.

5

10

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Spinnanordnung (3) gegen den ersten Raum (8) im Bereich der mindestens einen Spinnbohrung (4) durch eine Isolieranordnung (9) isoliert ist und/oder im Bereich der mindestens einen Spinnbohrung (4) beheizt ist.

15

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckverhältnisse im ersten und zweiten Raum (8, 7) so eingestellt sind, daß die Gasströmung in der Lavalldüse (6) Geschwindigkeiten bis zur Schallgeschwindigkeit und darüber erreicht.

20

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Raum (7) auf Umgebungsdruck oder um einige mbar darüber liegt.

25

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das zugeführte Gas Umgebungstemperatur oder die Temperatur seiner Zuführvorrichtung aufweist.

30

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Austrittsöffnung der mindestens einen Spinnbohrung (4) im Bereich der Lavalldüse (6) in der Höhe der Oberkante der

Platte (6'), um einige mm über der Oberkante der Platte liegt oder einige mm in die Lavalldüse (6) hineinragt.

- 5 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Spinddüsenanordnung eine Mehrzahl von gegebenenfalls mit Nippeln versehene Spinnbohrungen (4) aufweist, die eine Zeile oder mehrere parallel liegende Zeilen bilden.
- 10 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Platte mindestens eine langgestreckte Lavalldüse aufweist.
- 15 16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Platte eine Mehrzahl von rotationssymmetrischen Lavalldüsen aufweist.
- 20 17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß ein Ablegeband zur Ablage der Fäden und Bildung eines Vlieses vorgesehen ist.
- 25 18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß eine Aufwickelvorrichtung zum Aufwickeln der Fäden vorgesehen ist.
- 30 19. Vlies hergestellt aus Fäden, die mit dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 erzeugt wurden.
20. Garne hergestellt aus Fäden, die mit dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 erzeugt wurden.

Lüder Gerking

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von im Wesentlichen endlosen feinen Fäden

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von sehr feinen Fäden aus schmelzspinnbaren Polymeren und eine Vorrichtung zu ihrer Herstellung.

10 Derartige Mikrofäden, meistens allerdings Mikrofasern endlicher Länge, werden nach einem Heißluft-Blasspinnverfahren, sog. Meltblown-Verfahren, seit vielen Jahren hergestellt, und es gibt heute unterschiedliche Vorrichtungen hierfür. Gleich ist allen, daß neben einer Reihe von Schmelzebohrungen - auch mehrere Reihen parallel zueinander sind bekannt geworden - Heißluft austritt, die die Fäden verzieht. 15 Durch Vermischung mit der kälteren Umgebungsluft kommt es zur Abkühlung und Erstarrung dieser Fäden bzw. Fasern, denn oft, meistens zwar unerwünscht, reißen die Fäden. Der Nachteil dieser Meltblown- 20 Verfahren ist der hohe Energieaufwand zur Erwärmung

der mit hoher Geschwindigkeit strömenden Heißluft,
ein begrenzter Durchsatz durch die einzelnen Spinn-
bohrungen (auch wenn diese im Laufe der Zeit zuneh-
mend dichter gesetzt wurden bis zu einem Abstand von
5 unter 0,6 mm bei 0,25 mm im Lochdurchmesser), daß es
bei Fadendurchmessern unter 3µm zu Abrissen kommt,
was zu Perlen und abstehenden Fasern im späteren tex-
tilen Verbund führt, und daß die Polymere durch die
10 zur Erzeugung feiner Fäden notwendige hohe Lufttempe-
ratur deutlich über der Schmelzetemperatur thermisch
geschädigt werden. Die Spinn Düsen, von denen eine
große Anzahl vorgeschlagen und auch geschützt worden
sind, sind aufwendige Spritzwerkzeuge, die in hoher
Präzision gefertigt werden müssen. Sie sind teuer,
15 betrieblich anfällig und in der Reinigung aufwendig.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe
zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Her-
stellung von im Wesentlichen endlosen Fäden zu schaf-
20 fen, die einen geringeren Energieaufwand benötigen,
keine Fadenschädigungen aufgrund zu hoher Temperatur
bewirken und ein Spinnwerkzeug mit einfachem Aufbau
verwenden.

5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale
der unabhängigen Ansprüche gelöst.

Die vorliegende Erfindung vermeidet die Nachteile des
Standes der Technik, indem Polymerschmelze aus Spinn-
30 bohrungen, die in einer oder mehreren parallelen Rei-
hen oder Ringen angeordnet werden, in eine mit Gas,
in der Regel mit Luft gefüllte, von der Umgebung ge-
trennte Kammer bestimmten Druckes ausgepreßt wird,
wobei die Fäden im schmelzflüssigen Zustand in ein
35 Gebiet rascher Beschleunigung dieses Gases am Aus-
tritt aus der Kammer gelangen. Die auf dem Wege dort-

hin auf den jeweiligen Faden durch Schubspannung

übertragenen Kräfte nehmen zu, sein Durchmesser verringert sich stark und der Druck in seinem noch flüssigen Inneren steigt umgekehrt proportional zu seinem Radius durch die Wirkung der Oberflächenspannung entsprechend stark an. Durch die Beschleunigung des Gases sinkt in strömungsmechanischer Gesetzmäßigkeit dessen Druck. Dabei sind die Bedingungen der Schmelztemperatur, der Gasströmung und seiner raschen Beschleunigung so aufeinander abgestimmt, daß der Faden vor seiner Erstarrung einen hydrostatischen Druck in seinem Inneren erreicht, der größer ist als der umgebende Gasdruck, so daß der Faden platzt und sich in eine Vielzahl feiner Fäden aufteilt. Durch einen Spalt unten in der Kammer verlassen Fäden und Luft diese. Das Aufplatzen geschieht nach dem Spalt und unter sonst unveränderten Bedingungen überraschend stabil ortsfest an einem bestimmten Punkt. Im Bereich der starken Beschleunigung verlaufen Gas- und Fadenströmung parallel, wobei die Strömungsgrenzschicht um die Fäden laminar ist. Es gelingt eine fortgesetzte Aufspaltung des ursprünglichen Fadenmonofils ohne Perlenbildung und Abrisse. Aus einem Monofil entsteht ein Multifil sehr viel feinerer Fäden unter Verwendung einer Umgebungstemperatur oder etwas darüber liegenden Gasströmung.

Die aus dem Aufspalten entstandenen neuen Fäden sind erheblich feiner als das ursprüngliche Monofil. Sie können sogar noch etwas nach dem Aufspaltungspunkt verzogen werden bis sie erstarrt sind. Dieses geschieht wegen der plötzlich geschaffenen größeren Fadenfläche sehr rasch. Die Fäden sind endlos. Es kann aber wegen der bei den realen technischen Prozessen möglichen Störungen, sei es durch Abweichungen im Polymer, einzelne Geschwindigkeits- oder Temperaturstörungen,

Staub im Gas und dergl. Störungen bei realen technischen Prozessen mehr in untergeordnetem Maße zu endlich langen Fäden kommen. Der Vorgang des Aufspaltens fadenbildender Polymere kann so eingestellt werden, daß die aus dem Monofil erzeugten zahlreichen sehr viel feineren Einzelfilamente endlos sind. Die Fäden haben einen Durchmesser von deutlich unter 10µm, vornehmlich zwischen 1,5 und 5 µm, was bei Polymeren einem Titer zwischen etwa 0,02 und 0,2 dtex entspricht und werden als Mikrofäden bezeichnet.

Das Gebiet der starken Beschleunigung und Druckabsenkung in der Gasströmung wird nach der Erfindung in Form einer Lavaldüse mit konvergenter Kontur zu einem engsten Querschnitt hin und dann rascher Erweiterung realisiert, letzteres schon damit die nebeneinander laufenden neu gebildeten Einzelfäden nicht an den Wänden anhaften können. Im engsten Querschnitt kann bei entsprechender Wahl des Druckes in der Kammer (bei Luft etwa doppelt so hoch wie der Umgebungsdruck dahinter) Schallgeschwindigkeit und im erweiterten Teil der Lavaldüse Überschallgeschwindigkeit herrschen.

Für die Herstellung von Fadenvliesen (Spinnvliesen) werden Spinn Düsen in Zeilenform und Laval Düsen mit Rechteckquerschnitt eingesetzt. Für die Herstellung von Garnen und für besondere Arten der Vliesstoffherstellung können auch Runddüsen mit einer oder mehreren Spinnbohrungen und rotationssymmetrische Laval Düsen eingesetzt werden.

Das Verfahren nimmt Anleihe an Verfahren zur Herstellung von Metallpulvern aus Schmelzen, aus dem es sich entwickelt hat. Nach DE 33 11 343 zerplatzt das Metallschmelzemonofil im Bereich des engsten Quer-

schnitts einer Lavaldüse in eine große Anzahl von

Teilchen, die sich durch die Oberflächenspannung zu Kügelchen verformen und abkühlen. Auch hier kommt es zu einem die umgebende laminare Gasströmung überwiegenden Flüssigkeitsdruck im Inneren des Schmelzemonofils. Wenn die Druckabsenkung so rasch geschieht, daß es noch nicht in die Nähe der Erstarrung kommt, können die Druckkräfte die Kräfte des Zusammenhalts der Schmelzemasse, vorwiegend Zähigkeitskräfte, überwiegen und es tritt das Aufplatzen in eine Vielzahl von Filamentstücken (Ligamente) ein. Entscheidend ist dabei, daß der Faden zumindest im Inneren flüssig bleiben muß, damit dieser Mechanismus einsetzen kann. Daher wurde auch vorgeschlagen, das Monofil nach seinem Austritt aus der Spinndüse weiter zu beheizen.

Das selbsttätige Aufplatzen eines Metallschmelzefadens wird nach der dieses anwendenden Firma auch als 'NANOVAL-Effekt' benannt.

Ein Zerfasern durch Aufplatzen ist bei der Herstellung von Mineralfasern bekannt geworden, so in der Offenlegungsschrift DE 33 05 810. Durch Störung der Gasströmung in einem unterhalb der Spinndüse angeordneten Rechteckkanal mittels Einbauten, die Querströmungen erzeugen, kommt es nach dortiger Aussage zum Zerfasern des einzelnen Schmelzemonofils. In nicht ganz klarer Darstellung wird von einem Zerfasern durch statisches Druckgefälle in der Luftströmung gesprochen, und zwar in EP 0 038 989 vom Ausziehen aus einer 'Schlaufen- oder Zickzackbewegung nach Art eines mehrfachen Peitschenknalleffekts'. Das das eigentliche 'Zerfasern durch Zunahme des Druckes im Inneren des Fadens und Abnahme in der umgebenden Gasströmung seine Ursache hat, wurde nicht erkannt, auch keine Steuerungsmechanismen in diese Richtung.

Für Polymere hat man sich bei der gleichen anmeldenden Firma diese Erkenntnis von der Mineralfaserherstellung offenbar zunutze gemacht. In der Offenlegungsschrift DE 38 10 596 wird in einer Vorrichtung nach Fig. 3 und Beschreibung in Beispiel 4 der Schmelzestrom aus Polyphenylensulfid (PPS) 'durch ein hohes statisches Druckgefälle zerfasert'. Die Gasströme sind heiß, sogar über den Schmelzpunkt des PPS hinaus erhitzt. Ein statisches Druckgefälle in der Gasströmung, abnehmend in Fadenlaufrichtung, kann alleine den Faden nicht zerfasern. Es wurde nicht erkannt, daß dazu der Schmelzestrom zumindest in einem hinreichenden Teil in seinem Inneren flüssig bleiben muß. Durch die Anwendung von heißer Luft im Bereich der Polymerschmelztemperatur ist das aber von selbst gegeben. Nicht ein 'im Anschluß an die Austrittsbohrungen einwirkendes Druckgefälle' Spalte 1, Zeilen 54/55 zieht die Schmelzeströme zu feinen Fasern aus, sondern ein statisches Druckgefälle zwischen Schmelzestrom und umgebender Gasströmung bringt ihn zum Aufspießen oder Zerfasern. Die erzeugten Fäden sind endlich lang und amorph.

Die Fäden des erfindungsgemäßen Verfahrens sind dagegen endlos oder im Wesentlichen endlos. Sie werden durch gezielt gesteuertes Aufplatzen eines noch schmelzflüssigen Monofils in einer sie umgebenden laminaren Gasströmung erzeugt, also ohne Turbulenz erzeugende Querströmungen. Es kommen grundsätzlich alle fadenbildenden Polymere, wie Polyolefine PP, PE, Polyester PET, PBT, Polyamide PA 6 und PA 66 und andere wie Polystyrol in Frage. Dabei sind solche wie Polypropylen (PP) und Polyethylen (PE) als günstig anzusehen, weil Oberflächenspannung und Viskosität in einem Verhältnis stehen, das den Aufbau eines Fadenin-

nendruckes gegen die Oberflächenspannungskraft der

Fadenhaut leicht gestattet, während die Viskosität nicht so hoch ist, daß das Zerplatzen verhindert wird. Das Verhältnis von Oberflächenspannung zu Zähigkeit läßt sich durch die Erhöhung der Schmelzetemperatur bei den meisten Polymeren erhöhen. Dies geschieht auf einfache Weise in der Schmelzeherstellung und kann durch Heizen der Spinndüsen kurz vor dem Austritt der Fäden verstärkt werden. Eine Aufwärmung der Fäden danach durch heiße Gasströme findet nach der vorliegenden Erfindung jedoch nicht statt.

Es kann festgestellt werden, daß der Gegenstand der Erfindung, das gesteuerte Aufspießen eines mit kalter Luft verzogenen Polymerfadens in eine Vielzahl feinerer Einzelfäden endloser bzw. im Wesentlichen endloser Einzelfäden noch nicht gefunden wurde. Dieses geschieht durch den selbsttätigen Effekt des Zerplatzens des Schmelzefadens durch einen positiven Druckunterschied zwischen dem hydraulischen Druck im Faden, gegeben aus der Oberflächenspannung des Fadenmantels, und der ihn umgebenden Gasströmung. Wird der Druckunterschied so groß, daß die Festigkeit des Fadenmantels nicht mehr ausreicht, das Innere zusammenzuhalten, so platzt der Faden. Es kommt zum Aufspießen in eine Vielzahl feinerer Fäden. Das Gas, meistens Luft, kann kalt sein, d.h. muß nicht aufgeheizt werden, nur müssen die Verfahrensbedingungen und die Vorrichtung so beschaffen sein, daß das Schmelzemonofil sich in seinem von der Schmelzviskosität und der Oberflächenspannung des betreffenden Polymers abhängigen kritischen Durchmesser nicht so weit abgekühlt ist, daß es durch den sich aufladenden inneren Flüssigkeitsdruck nicht mehr platzen kann. Auch dürfen die Schmelzebohrungen durch das Gas nicht so stark abgekühlt werden, daß die Schmelze zu stark abkühlt,

geschweige denn bereits dort erstarrt. Die verfahrenstechnischen und geometrischen Bedingungen zur Realisierung dieses Aufspleißeffektes sind verhältnismäßig einfach zu finden.

5

10

15

20

5

30

35

Der Vorteil der vorliegenden Erfindung liegt darin, daß auf einfache und sparsame Weise Feinstfäden im Bereich deutlich unter 10 μm , überwiegend zwischen 2 und 5 μm , erzeugt werden können, was beim reinen Verziehen beispielsweise durch das Meltblown-Verfahren nur mit heißen, über den Schmelzpunkt erhitzten Gas(Luft)-strahlen zu Wege gebracht wird und damit erheblich mehr Energie bedarf. Außerdem werden die Fäden in ihrer molekularen Struktur nicht durch Über-temperaturen geschädigt, was zu verringerter Festigkeit führen würde, wodurch sie sich aus einem textilen Verband dann oft herausreiben lassen. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß die Fäden endlos oder quasi endlos sind und aus einem textilen Verband wie einem Vlies nicht herausstehen und sich als Fusseln herauslösen lassen. Die Vorrichtung zur Verwirklichung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist einfach. Die Spinnbohrungen der Spinn Düse können größer und damit weniger störanfällig sein, der Laval Düsenquerschnitt benötigt in seiner Genauigkeit nicht die engen Toleranzen der seitlichen Luftschlitze des Meltblown-Verfahrens. Bei einem bestimmten Polymer braucht man nur die Schmelztemperatur und den Druck in der Kammer aufeinander abzustimmen und bei gegebenem Durchsatz pro Spinnbohrung und der geometrischen Lage der Spinnbohrungen zur Laval Düse kommt es zum Aufspleiß.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

5 Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung einer Vorrichtung zur Herstellung von Mikrofäden mittels kühlen Gasstrahlen durch Aufplatzen eines Schmelzestroms in eine Vielzahl von Einzelfäden nach einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

10 Fig. 2 eine perspektivische Teilansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung nach einem Ausführungsbeispiel mit Zeilendüse zur Herstellung von Vliesen aus Mikrofäden, und

15 Fig. 3 eine Teilansicht im Schnitt der Spinndüse und der Lavalldüse nach einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

20 In Fig. 1 ist eine Vorrichtung zur Herstellung von im Wesentlichen endlosen feinen Fäden aus schmelzspinnbaren Polymeren dargestellt, die einen nicht näher beschriebenen Spinnkopf oder Spinnbalken 11 aufweist, in dem eine Spinndüse 1 aufgenommen ist. Der Spinnkopf 11 und die Spinndüse sind in allgemein bekannter Weise aus verschiedenen Teilen zusammengesetzt, so daß eine Beschreibung darüber weggelassen wird. Der Spinnkopf oder Spinnbalken 11 ist von einer Heizung 12 umgeben, die als Flüssig- oder Dampfheizung über Kammern oder auch als elektrische Bandheizung ausgebildet ist. Der Spinnkopf oder Spinnbalken ist mit nicht dargestellten schmelzedosierenden Geräten, wie Spinnpumpen und Extruder verbunden, bei denen es sich um die üblichen Einrichtungen zur Herstellung von Synthefasern handelt, so daß auch diese nicht weiter beschrieben sind.

35

Die Spinndüse weist ein Düsenmundstück 3 auf, das ei-

ne, aber üblicherweise mehrere in einer Reihe angeordneten Spinnbohrungen aufweist. Auch mehrere parallele Reihen sind möglich. Unterhalb des Spinnkopfes 11 befindet sich eine Platte 6' mit einem Spalt 6, der konvergent-divergent ausgebildet ist und sich durch einen unter ihm liegenden Raum 7 stark erweitert und eine Lavaldüse darstellt. Je nach Form der Spinndüse 1 ist die Lavaldüse 6 rotationssymmetrisch ähnlich einer Blende im Fall einer einzelnen Düse oder im Fall einer Zeilendüse als Längsspalt ausgebildet. Die Spinndüse bzw. die Spinnbohrungen der Spinndüse enden kurz über der Lavaldüse 6 oder in der Ebene der Platte 6', die Spinndüse 1 kann aber auch leicht in die Lavaldüse 6 hineinragen.

Zwischen Spinnkopf und Platte 6 liegt ein abgeschlossener Raum 8, dem entsprechend den Pfeilen 5 beispielsweise von einem Kompressor Gas zugeführt wird. Das Gas hat üblicherweise Umgebungstemperatur, kann aber auch aufgrund der Kompressionswärme von dem Kompressor eine etwas höhere Temperatur, beispielsweise 70 bis 80° aufweisen.

Das Düsenmundstück 3 ist von einer Isolieranordnung 9 umgeben, die das Düsenmundstück 3 vor zu großen Wärmeverlusten durch die Gasströmung 5 schützt. Zusätzlich kann zwischen Isolieranordnung 9 und Mundstück 3 eine elektrische Bandheizung 10 angeordnet sein.

Der Raum 7 weist üblicherweise Umgebungsdruck auf, während das Gas im Raum 8 unter einem erhöhten Druck gegenüber dem Raum 7 steht. Bei direkt anschließender Weiterverarbeitung zu Vlies oder anderen Fadenstrukturen kann der Raum 7 einen gegenüber Umgebungsdruck, d.h. Atmosphärendruck, etwas erhöhten Druck haben, beispielsweise um einige mbar, der für die Weiterver-

~~arbeitung, wie Vlieslegung oder andere Fadensammel-~~
 vorrichtungen benötigt wird.

5 Die Polymerschmelze wird entsprechend dem Pfeil 2 aus
 dem Düsenmundstück 3 aus der Spinnbohrung oder -
 10 öffnung 4 als Schmelzemonofil ausgepreßt, wird von
 den Gasstrahlen 5 erfaßt und durch Schubspannungen an
 seinem Umfang zu geringeren Durchmessern verjüngt. Da
 die grundsätzlich kalten Gasströme, die Luftströme
 15 sein können, es abkühlen, muß es nach wenigen Milli-
 metern in den engsten Bereich der Lavaldüse gelangen
 und somit in ein Gebiet geringeren Druckes. Sobald
 die Verjüngung so weit fortgeschritten ist und durch
 die Wirkung der Oberflächenspannung der Schmelze am
 20 Fadenmantel der Druck im Innern so weit angestiegen
 ist, daß er über dem der Gasströmung liegt, kommt es
 zum Aufplatzen des Monofil, nämlich dann, wenn der
 Fadenmantel den Schmelzefaden gegen den mit der Fa-
 deneinschnüren gewachsenen Innendruck nicht mehr zu-
 25 sammenhalten kann. Das Schmelzemonofil teilt sich in
 Einzelfäden auf, die sich aufgrund der Temperaturdif-
 ferenz zwischen Schmelze und kaltem Gas bzw. Luft und
 der plötzlich stark angewachsenen Oberfläche der Ein-
 zelfäden bezogen auf die Fadenmasse rasch abkühlen.
 Es ist somit eine bestimmte Anzahl von sehr feinen im
 Wesentlichen endlosen Einzelfäden entstanden.

30 Aus der Natur derartiger Aufplatzvorgänge ähnlich Ex-
 pllosionen folgt, daß die Zahl der entstehenden Fäden
 nach dem Aufspießpunkt, der beispielsweise 5 bis 25
 mm unter Lavaldüse 6 liegen kann, nicht gleichblei-
 bend sein kann. Wegen der kurzen Wegstrecke, die Fa-
 den und Gas miteinander bis zum Aufspießpunkt zu-
 rücklegen, ist die Strömungsgrenzschicht um den Faden
 35 laminar. Bevorzugt wird auch die Luft von den Zulei-
 tungen her möglichst laminar an das Gebiet der Auf-

spleißung herangeführt. Das hat den Vorteil der geringeren Strömungsverluste und damit des geringeren Energiebedarfs, die laminare Strömungen gegenüber turbulenten auszeichnen, aber auch einen gleichmäßigeren zeitlichen Verlauf des Aufspleißens, weil Störungen durch turbulente Änderungen fehlen. Die beschleunigte Strömung, wie sie in dem Querschnitt der Lavaldüse 6 vorliegt, bleibt laminar und kann sich sogar laminarisieren, wenn vorher eine gewisse Turbulenz vorherrschte.

Der weitere Vorteil des laminaren Ausziehens des Schmelzemonofil bis an den Aufspleißpunkt und auch über ihn hinweg führt zu einem Aufspleiß in gleichmäßigere Einzelfäden, weil größere Unterschiede in der Strömungsgeschwindigkeit und damit in der auf das Schmelzemonofil und entstandene Einzelfäden einwirkenden Schubspannung und im Druck der Gasströmung nicht vorhanden sind. Die Verteilung der Fadendurchmesser ist, wie sich überraschend gezeigt hat, sehr eng, z.B. kommen Propylenfäden hergestellt werden, deren Durchmesser sämtlich zwischen 2 und 4 μm liegen.

Wie schon oben ausgeführt wurde, nimmt die Geschwindigkeit der Gasströmung gemäß den Pfeilen 5 zur Spinnbohrung 4 hin und dann in der Lavaldüse 6 ständig zu. In dem engsten Querschnitt der Lavaldüse kann sie bis zur Schallgeschwindigkeit anwachsen, wenn das kritische Druckverhältnis, je nach Gas, erreicht ist, bei Luft liegt das Verhältnis zwischen dem Druck in der Kammer 8 und dem Raum 7 etwa bei 1,9.

Die Fäden bewegen sich entsprechend den Pfeilen 21 nach unten und können beispielsweise auf einem nicht dargestellten Band zu einem Vlies abgelegt werden

oder anderweitig weiter behandelt werden.

5 In Fig. 2 ist ein weiteres Beispiel der vorliegenden
Erfindung dargestellt, bei dem die Spinn-
düse 1 als Zeilendüse ausgebildet ist. Dabei sind insbesondere
die Auslaufstellen der Spinn-
düse 1 mit Mundstück 3
dargestellt, das Nippel 25 aufweist. Diese Form ge-
stattet einen konzentrischen Zutritt des Gases an das
Schmelzemonofil, was sich als vorteilhaft für die
10 Aufspießung, sowohl hinsichtlich der erzielbaren
Feinheit der Fäden als auch hinsichtlich der Schwan-
kungsbreite ihrer Durchmesser erwiesen hat.

15 Im Gegensatz zur Bandheizung 10 nach Fig. 1 sind hier
runde Heizstäbe 26 zur Wärmezufuhr für das Düsenmund-
stück 3 gezeigt, das gegen die Gasströmung 5 durch
Isolierstücke 27 abgedeckt ist. Die Fäden verlassen
die Laval-
düse im breiten Vorhang gemeinsam mit dem
Gas und bewegen sich gemäß den Pfeilen 21 auf ein
20 Auffangband 20 zu und werden an dem Bereich 22 zu ei-
nem Vlies 23 abgelegt. Das Vlies 23 verläßt entspre-
chend Pfeil 24 das Gebiet seiner Herstellung.

Eine weitere Ausführungsform der Spinn- und Auf-
spießvorrichtung entsprechend der Erfindung ist in
Fig. 3 dargestellt. Hier wird wiederum aus einem iso-
lierten Düsenmundstück 3 mit einer oder mehreren
Schmelzebohrungen 4 das Schmelzemonofil ausgestoßen
und von der seitlich angreifenden Gasströmung 5 er-
faßt und durch Schubspannungskräfte in die Länge zu
30 dünneren Durchmessern verzogen. In der Platte 6' ist
im Bereich der Laval-
düse 6 eine Heizvorrichtung 30
eingearbeitet. Auf dem Weg zum engsten Querschnitt
der Laval-
düse 6 erhält somit das Schmelzemonofil
35 durch Strahlung Wärme zugeführt. Dadurch wird die Ab-
kühlung durch die grundsätzlich kalten Luft-

/Gasströme verzögert. Das Schmelzemonofil gelangt, auf geringeren Durchmesser verzogen, in das Unterdruckgebiet der Lavaldüse 6 und kann in noch feinere Einzelfäden aufspleißen.

5

Die folgenden Beispiele erläutern Verfahren und Vorrichtungen mit den bei verschiedenen Rohstoffen angewendeten wesentlichen Verfahrensdaten und den Fadergebnissen.

10

Beispiel 1

15

20

30

35

Über einen Laborextruder (Schnecke mit einem Durchmesser von 19 mm und $L/D = 25$) für die Verarbeitung von Polymeren wurde Polypropylen (PP) mit einem MFI (Meltflow index) von 25 (230°C , 2,16 kg) aufgeschmolzen und über eine Zahnradspinnpumpe einem Spinnkopf mit einem Düsenmundstück 3, welches 7 Bohrungen 4 in einer Reihe im gleichen Abstand von jeweils 4,5 mm angeordnet mit einem Durchmesser der Bohrungen 4 von 1 mm aufwies, zugeführt. Die schmelzeführenden Leitungen waren durch elektrische Bandheizungen von außen beheizt. Das Düsenmundstück 3 war nach Fig. 1 an seinen Flanken durch ein keramisches Isolierstück 9 (Kalziumsilikat) gegenüber der Gasströmung darunter isoliert und mittels elektrischen Heizungen beheizt. Unterhalb der Spinndüse 1 befand sich die Kammer 8 für die Gaszufuhr. Als Gas wurde in diesem und in den anderen Beispielen Luft genommen, welche aus einem Preßluftnetz entnommen und von einem Verdichter in dieses eingespeist wurde. Die Kammer 8 war nach unten begrenzt durch eine Platte, die einen die Lavaldüse 6 bildenden Schlitz von 4 mm Breite an ihrem engsten Querschnitt hatte. Die seitlichen Zuführquerschnitte für die Luft in der Kammer hatten eine Höhe von 32 mm, gemessen von der Oberkante der Lavaldüsenplatte

~~6'. Die Austrittsöffnungen der Bohrungen 4 waren ge-~~
nau in Höhe der Oberkante der Lavaldüsenplatte 6' an-
geordnet und hatten einen Abstand von 10 mm von dem
engsten Querschnitt der Lavaldüse 6.

Schmelzedruck und -temperatur zwischen Spinnpumpe und
Anschlußstück an die Spinndüse 1 wurden mit einem
DMS-Druckmeßgerät (Dynisco, Typ MDA 460) bzw. einem
Thermoelement gemessen.

Die Charakterisierung der erhaltenen Fäden erfolgt
durch den aus 20 Einzelmessungen gemittelten Faden-
durchmesser d_{50} , falls benötigt auch durch die Stan-
dardabweichung s .

Die Aufspaltung wird gekennzeichnet durch die theo-
retische Fadenzahl N . Diese gibt an, wieviele Einzel-
filamente des gemessenen mittleren Fadendurchmessers
 d_{50} sich mit der maximal möglichen Geschwindigkeit
durch den engsten Querschnitt der Lavaldüse 6 bewegen
müssen, um die gemessene Schmelzmasse in Einzelfila-
mente umzusetzen. Die maximal mögliche Geschwindig-
keit ist die Gasgeschwindigkeit im engsten Quer-
schnitt der Lavaldüse 6, welche entweder die aus den
Bedingungen in der Kammer 8 berechenbare Schallge-
schwindigkeit ist oder, falls das kritische Druckver-
hältnis, welches zum Erreichen der Schallgeschwindig-
keit benötigt wird, nicht erreicht wird, aus diesen
Bedingungen mit der Formel von Saint-Venant und Want-
zell berechnet werden kann. Liegt die theoretische
Fadenzahl N über 1, kann der beobachtete Fadendurch-
messer nicht durch bloßes Verziehen entstanden sein,
dies würde dem Gesetz von der Erhaltung der Masse wi-
dersprechen. Für die beobachteten deutlich über 1
liegenden theoretischen Fadenzahlen N kommt als Er-
klärung nur noch ein Aufspalten in Frage. Ein mehr-

facher Peitschenknalleffekt kann vielleicht Werte knapp über 1 bis 10 erklären, nicht aber die beobachteten Werte bis zu 627. Da die tatsächliche Fadengeschwindigkeit unter der maximalen liegen muß, wird die tatsächlich erhaltene Einzelfilamentanzahl über der theoretischen liegen.

Bei einer Schmelzetemperatur von 340°C und einem Schmelzedruck zwischen Spinnpumpe und Anschlußstück an die Spinn Düse 1 von etwa 1 bar über dem Druck in der Kammer 8, was etwa auch der Druck vor den Spinnkapillaren war, und einer über die Spinnpumpe zudosierten Menge von 43,1 g/min, also 6,2 g/min x Loch, ergaben sich die folgenden Fadenwerte bei den verschiedenen Drücken in der Kammer 8 über dem Atmosphärendruck in Raum 7:

0,25 bar	$d_{50}=7,6 \mu\text{m}, N=123$
0,5 bar	$d_{50}=4,4 \mu\text{m}, N=276$
1,0 bar	$d_{50}=3,9 \mu\text{m}, N=283$

Werden pro Bohrung 4 statt 6,2 g/min nur 4,6 g/min durchgesetzt, wird bei einem Druck in der Kammer 8 von 0,5 bar ein d_{50} von 3,0 μm anstatt 4,4 μm erreicht.

Wie wichtig eine genaue Abstimmung von Schmelzetemperatur, Schmelzemenge und Gasströmung ist, zeigt das folgende Beispiel für eine Abstand der Bohrungen 4 von 15 mm, einen Durchsatz pro Bohrung 4 von 4,6 g/min und einen Druck in der Kammer 8 von 0,5 bar:

Schmelzetemperatur 340°C $d_{50}=3,0 \mu\text{m}, s=0,8 \mu\text{m}, N=187$
 Schmelzetemperatur 305°C $d_{50}=8,2 \mu\text{m}, s=4,7 \mu\text{m}, N=25$.

Offensichtlich ist es so, daß sich um die Monofila-

~~mente schon ein kalter Mantel gebildet hat, der ein~~
 Aufspießen stark behindert. Es wird nicht das gesamte Monofil aufgespalten, sondern nur ein Teil, was daran zu erkennen ist, daß zwar der minimal beobachtete Fadendurchmesser sich nicht verändert hat (einige spleißen also auf), nun aber auch einige Einzelfilamente mit einem Durchmesser von mehr als 10 µm auftreten. Dort ist dann kein Spleißen eingetreten. Bei der höheren Temperatur dagegen liegen alle Einzelfilamente zwischen 1,6 µm und 4,8 µm. Die größere Streuung der Fadendurchmesser findet ihren Niederschlag in der deutlich größeren Standardabweichung.

Eine Ausführung des Mundstückes 3 mit Nippeln 25 gemäß Fig. 2 erlaubt die Herstellung deutlich feinerer Fäden mit kleinerer Schwankungsbreite und/oder eine deutliche Durchsatzsteigerung. So wurden für eine Temperatur von 370°C, einen Abstand der Bohrungen 4 von 15 mm, einen Abstand der Austrittsöffnungen der Bohrungen 4 vom engsten Querschnitt der Lavaldüse von 8,5 mm (die Auslauföffnungen tauchen 1,5 mm in die gedachte Ebene der Lavaldüsenplatte ein) und einen Druck in der Kammer 8 von 0,75 bar die folgenden Fadenwerte erhalten:

6,2 g/min x Loch $d_{50}=2,1\mu\text{m}$, $s=0,30\mu\text{m}$, $N=445$
 12,3 g/min x Loch $d_{50}=2,5\mu\text{m}$, $s=0,60\mu\text{m}$, $N=627$.

Beispiel 2

Mit der Einrichtung aus Beispiel 1 wurde Polyamid 6 (PA6) mit einer relativen Viskosität $\eta_{\text{rel}} = 2,4$ einem Düsenmundstück 3 mit 58 Bohrungen 4 im Abstand von 1,5 mm und einem Durchmesser von 0,4 mm zugeführt. Der Abstand der Austrittsöffnungen der Bohrungen 4 vom engsten Querschnitt der Lavaldüse war 12,0 mm

(die Auslauföffnungen endeten 2,0 mm oberhalb der gedachten Ebene der Lavaldüsenplatte). Mit einem Durchsatz pro Bohrung 4 von 0,25 g/min und einem Druck in der Kammer 8 von 0,02 bar über der Umgebung wurden

5 Filamente mit einem mittleren Durchmesser d_{50} von 4,1 μm erzeugt.

Beispiel 3

10 Mit der Einrichtung aus Beispiel 1 wurde Polypropylen (PP) mit einem MFI von 25 (230°C, 2,16 kg) einem Düsenmundstück 3 mit 3 Bohrungen 4 im Abstand von 15 mm und einem Durchmesser von 1,0 mm zugeführt. Koaxial zu den 3 Bohrungen 4 waren in der Lavaldüsenplatte 3

15 einzelne rotationssymmetrische Lavaldüsen 6 angeordnet. Die Austrittsöffnungen der Bohrungen 4 waren genau in Höhe der Oberkante der Lavaldüsenplatte angeordnet und hatten einen Abstand von 4,5 mm von dem engsten Querschnitt der Lavaldüsen 6. Bei einem Druck

20 in der Kammer 8 von 0,75 bar und einem Durchsatz pro Bohrung 4 von 9,3 g/min wurden Einzelfilamente mit einem mittleren Durchmesser d_{50} von 4,9 μm hergestellt. Es ergibt sich in diesem Fall eine theoretische Fadenzahl von 123.

Von Interesse ist bei dieser Betriebsweise die Beobachtung, daß sich der Aufplatzzpunkt im Vergleich zu Beispiel 1 deutlich in Richtung des engsten Querschnittes der Lavaldüsen 6 verschoben hat. Während

30 sich im Fall der schlitzförmigen Lavaldüse 6 dieser Punkt etwa 25 mm unterhalb des engsten Querschnittes befindet, beträgt der Abstand im Fall der rotationssymmetrischen Lavaldüse 6 nur etwa 5 mm. Die Beobachtung wird damit erklärt, daß durch die rotationssymmetrische Umfassung des Schmelzefadens höhere Schubspannungen auf ihn übertragen wurden, er deshalb

35

schneller auf den Aufplatzzpunkt ergebenden geringeren
Durchmesser verzogen wird. Außerdem fällt der Druck
im Freistrahle nach dem Verlassen der Lavaldüse 6
nicht schlagartig auf den Umgebungsdruck ab, sondern
erst nach einer gewissen Lauflänge. Die Freistrahle-
charakteristiken sind jedoch im ebenen Fall andere
als im rotationssymmetrischen.

Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von im Wesentlichen endlosen feinen Fäden aus schmelzbaren Polymeren vorgeschlagen. Dabei wird Polymerschmelze aus mindestens einer Spinnbohrung ausgesponnen und der ausgesponnene Faden durch mittels einer Lavaldüse auf hohe Geschwindigkeit beschleunigte Gasströme verzogen. Bei gegebener Geometrie der Schmelzebohrung und ihrer Lage zur Lavaldüse werden die Temperatur der Polymerschmelze, ihr Durchsatz pro Spinnbohrung und die die Geschwindigkeit der Gasströme bestimmenden Drücke vor und hinter der Lavaldüse so gesteuert, daß der Faden vor seinem Erstarren einen hydrostatischen Druck in seinem Inneren erreicht, der größer ist, als der ihn umgebende Gasdruck. Dadurch platzt der Faden und spleißt sich in eine Vielzahl feiner Fäden auf.

(Fig. 1)

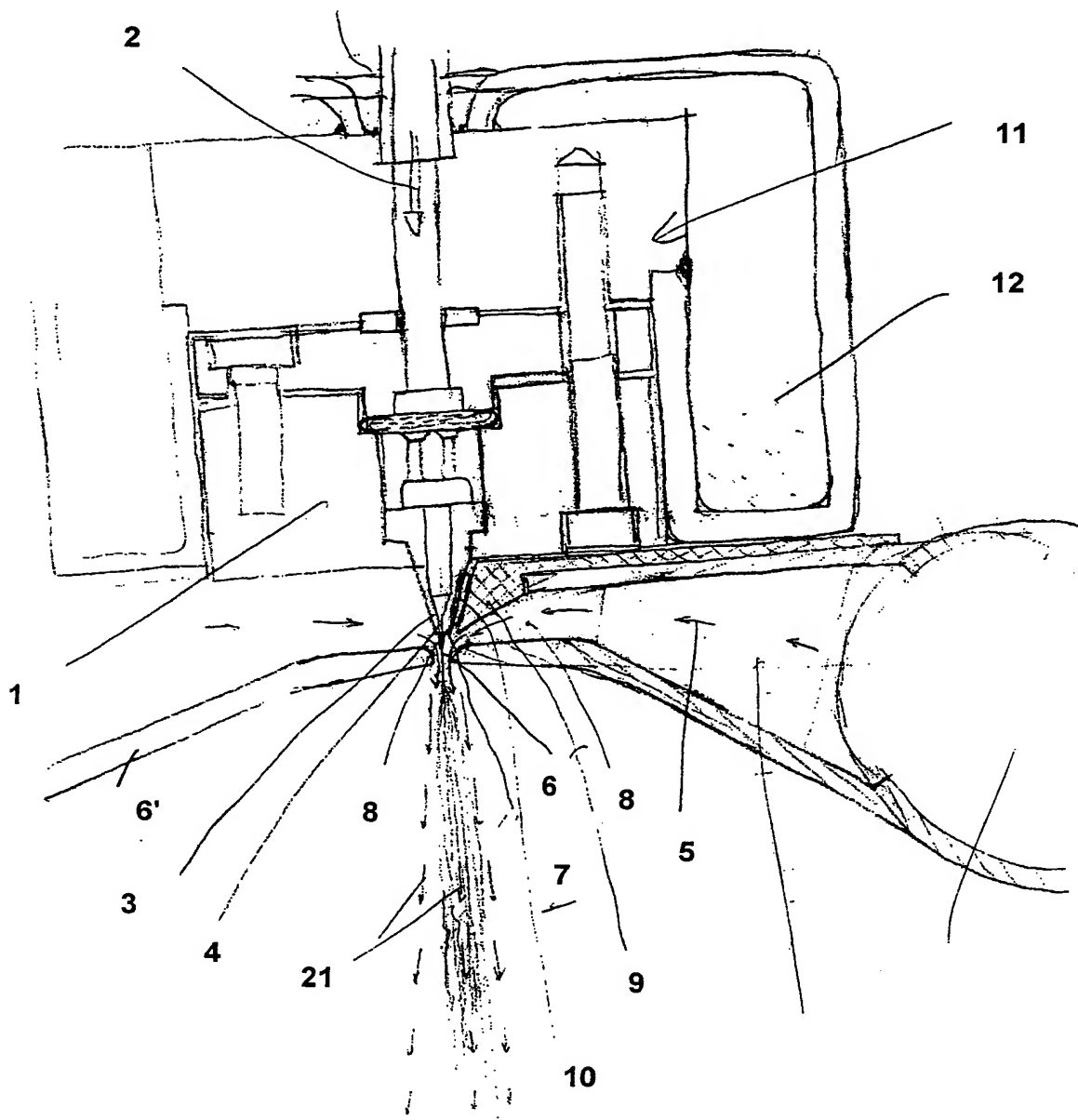


Fig. 1

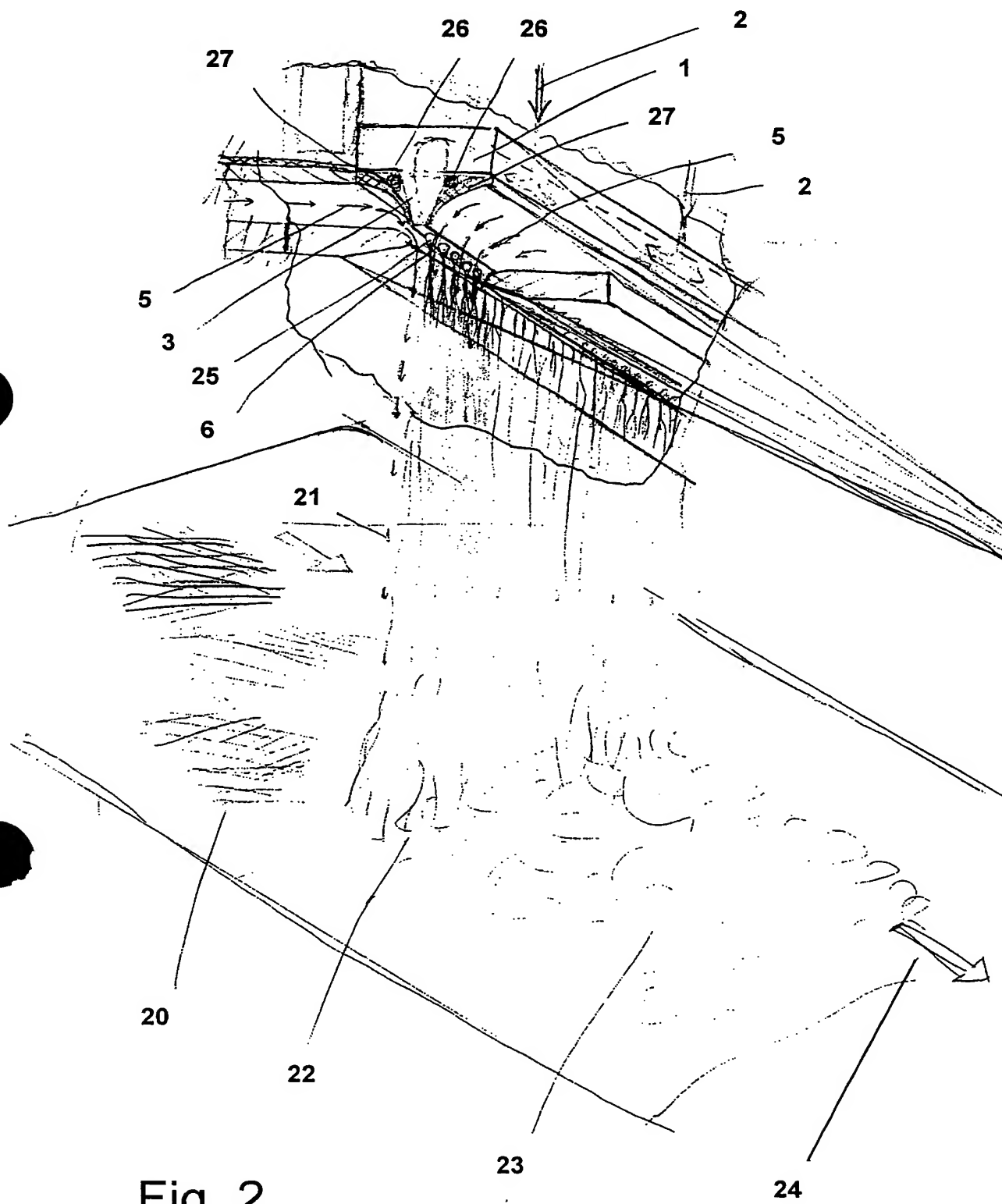


Fig. 2

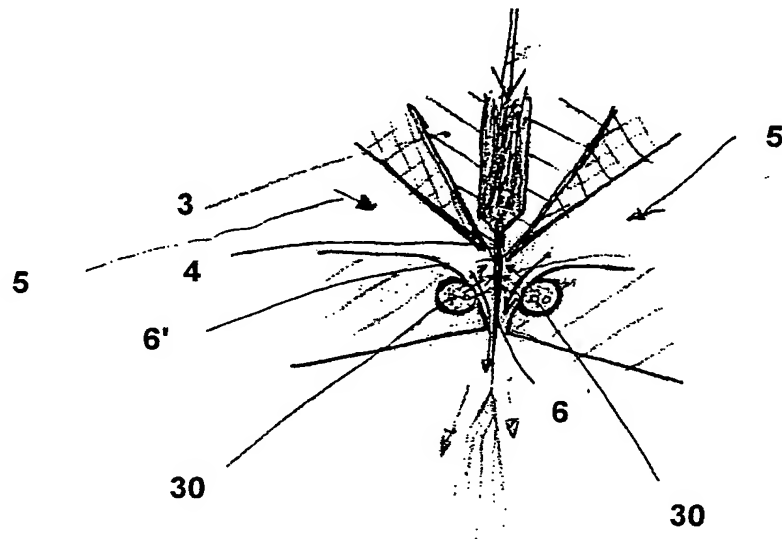


Fig. 3

